

PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G02F 1/1343, 1/133	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/10936 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. Juli 1991 (25.07.91)
		(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP91/00022 (22) Internationales Anmeldedatum: 9. Januar 1991 (09.01.91)
		(30) Prioritätsdaten: P 40 00 451.1 9. Januar 1990 (09.01.90) DE
		(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE).
		(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUR, Günter [DE/DE]; Waldhofstraße 8d, D-7800 Freiburg (DE). FEHBACH, Waltraud [DE/DE]; Kleiststraße 8, D-7830 Emmendingen (DE). STAUDACHER, Barbara [DE/DE]; Eugen Lacroixstraße 11, D-7637 Ettenheim (DE). WINDSCHEID, Friedrich [DE/DE]; Etzmannstraße 24, D-7800 Freiburg-Tiengen (DE). KIEFER, Rudolf [DE/DE]; Im Gottesacker 20, D-7801 Vörstetten (DE).
		(54) Title: ELECTRO-OPTICAL LIQUID CRYSTAL SWITCH ELEMENT (54) Bezeichnung: ELEKTROOPTISCHES FLÜSSIGKRISTALLSCHALTELEMENT
		(57) Abstract <p>An electro-optical liquid crystal switch element comprises a liquid crystal layer and a re-orientation device for re-orienting the liquid crystal layer in an actual orientation in which the electro-optical liquid crystal switch element has a different light transmission. The re-orientation device comprises a field-generating structure for generating the electric field which causes the re-orientation. The electric field generated by the field-generating structure has a field component essentially parallel to the liquid crystal layer. The liquid crystal has a twistable structure and the amount of light transmitted by the liquid crystal depends on its degree of twist. The liquid crystal is anchored in an output orientation in which it is twisted or untwisted and its twist axis remains perpendicular or essentially perpendicular to the liquid crystal layer. The field component of the re-orientation direction, which is essentially parallel to the liquid crystal layer, can be varied so that the degree of twist of the liquid crystal can be varied by setting a different degree of transmission.</p>
		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(57) Zusammenfassung Mit der Erfindung wird ein elektrooptisches Flüssigkristallschallement zur Verfügung gestellt, das eine Flüssigkristallschicht und eine Umorientierungseinrichtung zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht in eine aktuelle Orientierung, in welcher das elektrooptische Flüssigkristallschallement eine veränderte Lichttransmission hat, aufweist. Die Umorientierungseinrichtung umfasst eine felderzeugende Struktur zum Erzeugen einer die Umorientierung bewirkenden elektrischen Feldes. Das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur hat eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente. Dieses Flüssigkristallschallement ist so aufgebaut, daß der Flüssigkristall eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall von dessen Verdrillungsgrad abhängt; daß der Flüssigkristall in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungssachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt; und daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungsrichtung derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Transmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls verändert wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TC	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Flüssigkristall-schaltelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht und eine Umorientierungseinrichtung zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht in eine aktuelle Orientierung, in welcher 5 das elektrooptische Schaltelement eine veränderte Licht-transmission hat, wobei die Umorientierungseinrichtung eine felderzeugende Struktur zum Erzeugen eines die Umorientie-rung bewirkenden elektrischen Feldes umfaßt und wobei das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur eine über-10 wiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat.

Ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement der vor-stehend genannten Art ist aus US-A-3 854 751 bekannt. Bei 15 diesem Flüssigkristallschaltelement werden mit der felder-zeugenden Struktur zwei elektrische Felder erzeugt, von de-nen das eine eine überwiegend parallel zur Flüssigkristall-schicht ausgerichtete Feldkomponente hat, während das andere eine überwiegend senkrecht zur Flüssigkristallschicht ausge-20 richtete Feldkomponente besitzt, wobei der Flüssigkristall mit dem einen elektrischen Feld in den Zustand minimaler Lichttransmission und mit dem anderen elektrischen Feld in den Zustand maximaler Lichttransmission geschaltet wird, in-dem die optische Achse des Flüssigkristalls durch das eine 25 elektrische Feld senkrecht zur Flüssigkristallschicht und durch das andere elektrische Feld parallel zur Flüssigkri-stallschicht ausgerichtet wird. In den Fällen, in denen kompensierte colesterische Flüssigkristalle verwendet wer-den, die sich bei Abwesenheit von elektrischen Feldern spon-

tan so orientieren, daß ihre optische Achse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ausgerichtet ist, wird gegebenenfalls auf das eine elektrische Feld verzichtet, obwohl es nach US-A-3 854 751 auch in diesen Fällen zu bevorzugen ist,
5 beide Felder zu verwenden, weil die Eigenausrichtungszeit der sich selbst orientierenden Flüssigkristalle relativ groß und damit sehr ungünstig ist.

Auch aus DE 24 59 533 A1 und DE 23 58 581 B2 sind elektro-
10 optische Flüssigkristallschaltelelemente bekannt, die eine Umorientierungseinrichtung mit einer felderzeugenden Struktur aufweisen, deren elektrisches Feld eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat. In dem Flüssigkristallschaltelelement nach DE 23 28 581 B2
15 werden jedoch ähnlich wie in demjenigen nach US-A 2 854 751 zwei zueinander senkrechte elektrische Felder erzeugt, um die optische Achse des Flüssigkristalls in zwei senkrecht zueinander verlaufende Orientierungen auszurichten, von denen die eine parallel und die andere senkrecht zur Flüssig-
20 kristallschicht verläuft. Diese Art der Umorientierung der optischen Achse des Flüssigkristalls erfolgt auch in dem Flüssigkristallschaltelelement gemäß DE 24 59 533 A1, wobei aber die zwangsweise Ausrichtung der optischen Achse des Flüssigkristalls senkrecht zur Flüssigkristallschicht mit-
25 tels homöotroper Randorientierung des Flüssigkristalls erfolgt.

Schließlich ist auch aus WO 84/04601 in Verbindung mit einem Flüssigkristall eine kammartige felderzeugende Struktur bekannt, deren Feld eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente hat. Bei der Einrichtung nach dieser Druckschrift handelt es sich jedoch um einen Lichtleiter, bei dem die Lichtauskopplung durch

eine Änderung des effektiven Brechungsindex des aus dem Flüssigkristall bestehenden Kerns oder der von dem Flüssigkristall gebildeten Umhüllung mittels der felderzeugenden Struktur gesteuert wird.

5

Aus JP 1-33521 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-875, 23.05.89 Vol. 13 No. 219 ist es im übrigen bekannt, Elektroden in parallelen Ebenen anzuordnen, jedoch zu dem Zweck, einen speichernden Streuzustand in einem optischen Flüssigkristallmodulator zu erzeugen.

10

Weiter sind aus JP 1-179912 (A) in Pat. Abstr. Jap. P 946, 18.10.89, Vol. 13 No. 460 und JP 1-161217 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-936, 25.9.89, Vol. 13 No. 428 Flüssigkristallanzeigeelementkomponenten bekannt, die dazu dienen, den Sperrzustand eines Displays zu verbessern, wobei verdrillte Flüssigkristalle mit einer bestimmten Ausrichtung verwendet werden. Außerdem beschreibt JP 1-44422 (A) in Pat. Abstr. Jap. P-880, 7.6.89, Vol. 13 No. 242 ein Flüssigkristallanzeigeelement, bei dem der nematische Flüssigkristall eine Orientierung mit einem Anstellwinkel von 20° bis 30° hat. Es handelt sich dabei jedoch um eine konventionelle Flüssigkristallstruktur, bei der durch Anlegen eines elektrischen Feldes die optische Achse des Flüssigkristalls zwischen einer zur Flüssigkristallschicht parallelen und senkrechten Richtung umgeschaltet wird.

15

20

25

30

35

Endlich sind aus GB 1 506 570 und JP 54-17756 (A) in Pat. Abstr. Jap. E-101, 30.3.79, Vol. 3 No. 38 Flüssigkristallanzeigeeinrichtungen mit optischem Kompensator oder Reflektor sowie mit dichroitischen Farbstoffen bekannt.

Weitere bekannte elektrooptische Flüssigkristallschalte-

mente sind beispielsweise von M. Schadt und F. Leenhouts in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 50, Seite 236 ff. (1987), sowie von T.J. Scheffer und J. Nehring in "J. Appl. Phys.", Vol. 58, Seite 3022 ff. (1985), ferner von L. Pohl, G. Weber, R. Eiden-
schink, G. Baur und W. Fehrenbach in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 38, Seite 497 ff. (1981) und von M. Schadt und W. Helf-
rich in "Appl. Phys. Lett.", Vol. 18, Seite 127 ff. (1971) be-
schrieben.

10 Elektrooptische Flüssigkristallschaltelemente werden insbesondere in Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen, wie beispielsweise in Bildschirmen von Fernsehgeräten, Computern, Schaltzentralen und von anderen Einrichtungen, Anlagen o. dgl. zum Schalten der Bildpunkte dieser Flüssig-
15 kristalldarstellungseinrichtungen, das heißt zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts, verwendet.

Bei den bisher bekannten und derzeit kommerziell verfügbaren Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen, die auch als
20 Flüssigkristalldisplays bezeichnet werden, ist der Beobachtungs- bzw. Betrachtungswinkelbereich, das heißt der Winkelbereich, aus dem heraus eine mittels der Flüssigkristalldarstellungseinrichtung erzeugte Darstellung ohne wesentliche optische Verfälschung wahrgenommen werden kann, erheblich ein-
25 geschränkt, weil der Kontrast der Darstellung ziemlich stark vom Betrachtungswinkel abhängt.

Diese Winkelabhängigkeit des Kontrasts der bekannten Flüssig-
kristalldarstellungseinrichtungen ist, wie hier beigelegte
30 Untersuchungsergebnisse zeigen, eine Folge der bisherigen Umorientierung der optischen Achse, der Flüssigkristall-
schicht zwischen einer Ausrichtung parallel zur Flüssigkri-
stallschicht und einer Ausrichtung senkrecht zur Flüssigkri-

stallschicht. Durch die Untersuchungen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführt worden sind, wurde festgestellt, daß es die durch eine solche Umorientierung bewirkte Deformation des Flüssigkristalls ist, die eine stark 5 ausgeprägte Winkelabhängigkeit der Transmission des Flüssigkristallschaltelelements und damit des Kontrasts zur Folge hat.

Durch die vorliegende Erfindung wurde nun gefunden, daß die 10 Winkelabhängigkeit der Transmission und damit des Kontrasts bei einem elektrooptischen Flüssigkristallschaltelelement der eingangs genannten Art, insbesondere mit nichtferroelektrischem Flüssigkristall, weitestgehend beseitigt werden, wenn das elektrooptische Flüssigkristallschaltelelement erfindungs- 15 gemäß so ausgebildet wird, daß

- (a) der Flüssigkristall eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall von dessen Verdrillungsgrad abhängt;
- 20 (b) der Flüssigkristall in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungsachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt; und
- 25 (c) die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls durch Verdrehen der optischen Achse desselben parallel oder im wesentlichen parallel zur Flüssigkristallschicht verändert wird.

Auf diese Weise wird die durch die bisherige Umorientierung bewirkte nachteilige Deformation des Flüssigkristalls weitestgehend ausgeschaltet und im wesentlichen eine Winkelunabhängigkeit der Transmission und des Kontrastes erzielt.

5 Die Angabe, daß die Verdrillungsachse "im wesentlichen" senkrecht zur Flüssigkristallschicht bleibt und daß die optische Achse "im wesentlichen" parallel zur Flüssigkristallschicht verdreht wird, soll besagen, daß ein gewisser An-

10 stellwinkel α_0 zwischen 0° und 30° vorgesehen sein kann, den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite der Flüssigkristallschicht mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt, wobei

15 hier unter der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht die Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht verstanden wird.

20 Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Flüssigkristallschaltelement so ausgebildet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung derart veränderbar ist, daß zur kontinuierlichen oder stufenweisen Einstellung unterschied-

25 licher Lichttransmissionsgrade im Bereich zwischen im wesentlichen maximaler und minimaler Lichttransmission der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls kontinuierlich oder stufenweise verändert wird.

30 Wie die hier beigefügten Untersuchungsergebnisse über die Winkelabhängigkeit der Transmission bei erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen zeigen, ist die Transmission

bei den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen im Vergleich mit den bekannten Flüssigkristallschaltelementen praktisch nicht mehr winkelabhängig.

5 Das elektrische Feld mit der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichteten Feldkomponente kann dadurch erhalten werden, daß die felderzeugende Struktur Streifen- oder Linienelektroden umfaßt, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht verlaufen und alternierend
10 mit einem unterschiedlichen elektrischen Potential beaufschlagt sind.

Bevorzugte Ausbildungen einer solchen felderzeugenden Struktur sind so ausgebildet, daß

15 (a) die Streifen- oder Linienelektroden alternierend in wenigstens zwei zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebenen angeordnet sind, wobei die beiden Ebenen insbesondere von den beiden entgegengesetzten Oberflächen einer isolierenden Folie, Dünplatte, Schicht o. dgl. gebildet sein können; oder
20 (b) die mit unterschiedlichem Potential beaufschlagten Streifen- oder Linienelektroden kammartig ineinander greifend in der gleichen Ebene angeordnet sind, wobei diese Ebene insbesondere von der der Flüssigkristallschicht zugewandten Oberfläche eines die Flüssigkristallschicht begrenzenden Substrats oder einer auf ein solches Substrat aufgebrachten isolierenden Folie, Dünplatte, Schicht o. dgl. gebildet sein kann.
25
30

Eine Weiterbildung des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente einen Ausrichtungswinkel, der größer als 0° und kleiner als 90° ist, mit der Vorzugsrichtung bildet, welche die Flüssigkristallschicht auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite in ihrer Ausgangsorientierung hat. Auf diese Weise wird einerseits eine Domänenbildung durch unterschiedlichen 5 Drehsinn von benachbarten Flüssigkristallschaltelementen oder -elementbereichen verhindert, und andererseits werden kurze 10 Schaltzeiten erreicht, da sich durch den spitzen Winkel zwischen der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht verlaufenden Feldkomponente und der Ausgangsorientierung der 15 Flüssigkristallschicht auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite ein eindeutig gerichtetes Anfangsdrehmoment genügender Größe beim Einschalten des elektrischen 20 Feldes ergibt, durch das der Drehsinn vorgegeben und damit das Flüssigkristallschaltelement in kürzestmöglicher Zeit geschaltet wird.

Bevorzugt ist dieses Flüssigkristallschaltelement so ausgebildet, daß

25 (a) der Ausrichtungswinkel bei positiver Dielektrizitätsanisotropie des Flüssigkristalls größer als 70° und kleiner als 90° ist, oder daß
(b) der Flüssigkristall eine negative Dielektrizitätsanisotropie hat, wobei der Ausrichtungswinkel kleiner als 20° und größer als 0° ist.

Bei Verwendung von Flüssigkristallmaterialien mit positiver Dielektrizitätsanisotropie $\Delta\epsilon$ wird nämlich ein Drehmoment induziert, das die Vorzugsrichtung (Direktor) des Flüssigkristalls in Richtung des elektrischen Feldes dreht, während bei 5 Verwendung von Flüssigkristallmaterialien mit negativer Dielektrizitätsanisotropie ein Drehmoment induziert wird, das die Vorzugsrichtung (Direktor) in eine Ebene senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes dreht. Der Ausrichtungswinkel sollte hierbei, wie oben angegeben, mit Rücksicht auf elektro- 10 optische Kennlinien und Schaltzeiten bei positivem $\Delta\epsilon$ nicht kleiner als $|70^\circ|$ und bei negativem $\Delta\epsilon$ nicht größer als $|20^\circ|$ sein.

Besonders bevorzugt ist in dem erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelement ein Flüssigkristallmaterial, insbesondere ein nichtferroelektrisches Flüssigkristallmaterial, von negativer Dielektrizitätsanisotropie $\Delta\epsilon$ vorgesehen, da sich hierdurch eine weitere Art von Domänenbildung ausschalten lässt, wenn das elektrische Feld außer der parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichteten Komponente auch eine senkrecht hierzu orientierte Komponente hat, was in der Praxis meist der Fall ist. Ein solcher Fall liegt zum Beispiel vor, wenn das elektrische Feld, wie es bevorzugt geschieht, durch Streifen- oder Linienelektroden erzeugt wird, denn dann ist 20 gleichzeitig zur Komponente, die parallel oder nahezu parallel zur Flüssigkristallschicht verläuft, auch eine bei hohen 25

Feldern ebenfalls wirksame Komponente senkrecht zur Flüssigkristallschicht vorhanden. Bei Flüssigkristallmaterialien mit positivem $\Delta\epsilon$ führt dies bei hohen Feldern zu einer Umorientierung des Flüssigkristalls, bei welcher die Vorzugsrichtung aus der Ebene der Flüssigkristallschicht herausgedreht wird. Dies ist mit einer Domänenbildung verbunden und in vielen Fällen unerwünscht, so daß nur der untere Bereich der elektrooptischen Kennlinie nutzbar wird. Bei Materialien mit negativem $\Delta\epsilon$ induziert diese Feldkomponente ein Drehmoment, das die Vorzugsrichtung des Flüssigkristalls in die Ebene der Flüssigkristallschicht dreht. Damit wird das vorstehend beschriebene Umorientieren verhindert, und es wird ein wesentlich größerer Teil der elektrooptischen Kennlinie nutzbar.

15 Eine andere wichtige Weiterbildung des Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite einen Anstellwinkel, der größer als 0° und kleiner als 20° ist, mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt.

Hierdurch wird eine günstige Deformierbarkeit des Flüssigkristalls beim Anlegen des elektrischen Feldes in unmittelbarer Nähe der Verankerungsschicht für den Flüssigkristall erhalten.

Hinsichtlich der Ausgangsorientierung des Flüssigkristalls wird es bevorzugt, daß

30

(a) der Flüssigkristall in seiner Ausgangsorientierung eine unverdrillte Struktur aufweist und durch die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausge-

richtete Feldkomponente in eine verdrillte Struktur umorientierbar ist, bei der die Verdrillungssachse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ist, oder daß

5 (b) der Flüssigkristall in seiner Ausgangsorientierung eine verdrillte Struktur aufweist, deren Verdrillungsachse senkrecht zur Flüssigkristallschicht ist und die durch die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente entdrillbar ist.

10

Der sonstige grundsätzliche Aufbau des Flüssigkristallschaltelements ist bevorzugt so ausgebildet, daß

15 (1) zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements in Durchlichtbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht ein Polarisator und auf der anderen Seite ein Analysator vorgesehen ist; oder daß

20

(2) zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements in Reflexionsbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht ein Polarisator/Analysator und auf der anderen Seite ein Reflektor vorgesehen ist.

25 Hierbei kann ein doppelbrechender optischer Kompensator zwischen der Flüssigkristallschicht und dem Polarisator vorgesehen sein. Der optische Kompensator kann dort, wo, wie im ersten Fall, ein gesonderter Analysator vorgesehen ist, stattdessen auch zwischen der Flüssigkristallschicht und dem Analysator vorgesehen sein.

Insbesondere kann die Flüssigkristallschicht einen dichroischen Farbstoff enthalten und auf wenigstens einer Seite der selben ein Polarisator vorgesehen sein.

5 Vorzugsweise ist das Flüssigkristallschaltelelement weiter so ausgebildet, daß dessen Lichttransmission in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht ihren maximalen oder minimalen Betrag hat und in umorientierten Zuständen der Flüssigkristallschicht bis zu ihrem anderen Extremwert veränderbar ist.

10 Besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Flüssigkristallschaltelelement zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung verwendet, wobei diese letztere vorzugsweise ein Bildschirm ist. Die Flüssigkristallschaltelemente der elektrooptischen Darstellungseinrichtung können insbesondere durch eine Transistormatrix oder durch eine Direktansteuereinrichtung im Zeitmultiplexverfahren angesteuert sein.

20 Die vorstehenden sowie weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung seien nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsformen von erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 7 der Zeichnung näher erläutert, welche, soweit sie den Aufbau von bevorzugten Ausführungsformen von elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen nach der Erfindung zeigen, aus Darstellungsgründen absichtlich nicht maßstabsgerecht gezeichnet sind; es zeigen:

25 Figur 1 einen Teilschnitt durch eine Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelelements nach der Erfindung, das bevorzugt einen Bildpunkt einer

5 elektrooptischen Darstellungseinrichtung bildet, indem es die Helligkeit und/oder Farbe dieses Bildpunkts steuert, so daß also der Bildschirm einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung eine Vielzahl solcher Flüssigkristallschaltelemente umfaßt, die in einer flächigen Matrixanordnung integriert sind;

10 Figur 2 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfundung für Durchlichtbetriebsweise, wobei die einzelnen Teile, abgesehen von der nur durch Orientierungspfeile angedeuteten Flüssigkristallschicht, im auseinandergezogenen Zustand dargestellt sind;

15 Figur 3 eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfundung für Reflexionsbetriebsweise, wobei ebenfalls die einzelnen Teile, abgesehen von der nur durch Orientierungspfeile angedeuteten Flüssigkristallschicht, im auseinandergezogenen Zustand gezeichnet sind;

20 Figur 4 eine perspektivische Darstellung einer weiteren erfundungsgemäßen Ausführungsform;

25 Figur 5 eine schematische Darstellung des Anstellwinkels α_0 , den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht bevorzugt mit einer zur Flüssigkristallschicht parallelen Ebene einschließt, sowie des Ausrichtungswinkels β_0 , den die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht ausgerichtete Feldkomponente des den Flüssigkristall umorientierenden elektrischen Feldes vorzugsweise mit der Ausgangsorientierung bildet, welche die Flüssigkristallschicht auf ihrer der felderzeugenden Struktur zugewandten Schichtseite hat;

Figur 6 eine experimentell ermittelte Kurve, welche die Transmission des senkrecht einfallenden Lichts in Abhängigkeit von der angelegten Spannung bei einem typischen Ausführungsbeispiel eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach der Erfindung zeigt;

5 Figur 7 rechnerisch ermittelte Werte für die Transmission bei einem typischen Ausführungsbeispiel eines erfundungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements, welche zeigen, daß durch die Erfindung die Winkelabhängigkeit der Transmission und damit des Kontrasts bei einem elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement weitestgehend beseitigt wird; und

10 15 Figur 8 rechnerisch ermittelte Transmissionswerte bei einem bekannten elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement, einer sogenannten TN-Zelle, welche in Polarkoordinaten die Winkelabhängigkeit der Transmission veranschaulichen, wobei der Darstellungsmaßstab genau der gleiche wie in Figur 6 ist, so daß aus einem Vergleich zwischen den beiden Figuren 6 und 7 deutlich wird, welche hohe Winkelabhängigkeit der Transmission bei den bekannten elektrooptischen Flüssigkristallschaltelementen vorliegt und daß demgegenüber bei dem erfundungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelement in einem großen Bereich praktisch keine Winkelabhängigkeit der Transmission mehr vorhanden ist.

20 25 In der nun folgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sei zunächst auf die Figuren 1 und 2 Bezug genommen, von denen die Figur 1 einen Querschnitt durch eine Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements für Durchlichtbetriebsweise im

zusammengebauten Zustand zeigt, während die Figur 2 dieses gleiche Flüssigkristallschaltelelement im auseinandergezogenen Zustand der einzelnen Teile desselben sowie in einem gegenüber Figur 1 verkleinerten Maßstab veranschaulicht, wobei 5 außerdem in Figur 2 die untere Orientierungsschicht und die untere Isolierschicht im Gegensatz zu der Figur 1 aus Darstellungsgründen als ebene Schichten gezeichnet sind.

Das elektrooptische Flüssigkristallschaltelelement 1 für Durchlichtbetriebsweise, wie es in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist, umfaßt eine Flüssigkristallschicht 2, die zwischen zwei Substraten 3 und 4 eingeschlossen ist, die entsprechend der zeichnerischen Darstellung nachstehend als unteres und oberes Substrat bezeichnet werden, obwohl sie in der Praxis jede beliebige Lage haben können. Vorzugsweise sind diese Substrate 10 3 und 4 Glassubstrate, sie können jedoch auch aus anderen geeigneten durchsichtigen, bevorzugt isolierenden, Materialien, wie beispielsweise Kunststoffen, bestehen. Außerdem 15 sind die Substrate 3 und 4 bevorzugt eben ausgebildet und parallel zueinander angeordnet, so daß die Flüssigkristallschicht 2 bevorzugt eine im wesentlichen ebene bzw. planare Schicht 20 ist.

Um die Flüssigkristallschicht 2 mit einer vorbestimmten Ausgangsorientierung in dem Flüssigkristallschaltelelement 1 zu halten, grenzt sie nicht unmittelbar an die beiden Substrate 3 und 4 an, sondern vielmehr an je eine Orientierungsschicht 25 5 und 6, die nachstehend aufgrund der zeichnerischen Darstellung als untere und obere Orientierungsschicht bezeichnet sind. Die obere Orientierungsschicht 6 ist unmittelbar auf das obere Substrat 4 aufgebracht, während dagegen zwischen dem unteren Substrat 3 und der unteren Orientierungsschicht 30 5 eine felderzeugende Struktur 7 und gegebenenfalls eine Isolierschicht 8

vorgesehen ist, so daß auf das untere Substrat 3 die felderzeugende Struktur 7, die Isolierschicht 8 und die untere Orientierungsschicht 5 in der vorstehend angegebenen Reihenfolge aufgebracht sind.

5

Die felderzeugende Struktur 7 umfaßt Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht 2 verlaufen. Hierbei wechseln die Streifen- oder Linienelektroden 9 mit den Streifen- oder Linienelektroden 10 ab, wie die Figuren 1 und 2 zeigen, wobei die Streifen- oder Linienelektroden 9 an ein gegenüber den Streifen- oder Linienelektroden 10 unterschiedliches elektrisches Potential angeschlossen sind, so daß zwischen den Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10 jeweils ein elektrisches Feld erzeugt wird, das eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht 2 ausgerichtete Feldkomponente hat. Beispielsweise sind, wie Figur 2 zeigt, die Streifen- oder Linienelektroden 9 an den einen Pol einer Spannungsquelle 11 angeschlossen, während die Streifen- oder Linien- elektroden 10 an den anderen Pol dieser Spannungsquelle 11 angeschlossen sind. Obwohl die Spannungsquelle 11 aus prinzipiellen Gründen als Gleichstromquelle dargestellt ist und im Prinzip auch eine solche Gleichstromquelle sein könnte, wird in der Praxis zur Vermeidung einer Degradation der Flüssigkristallschicht und der damit verbundenen Schwierigkeiten eine Wechselstrom-Spannungsquelle 11 verwendet.

Die Streifen- oder Linienelektroden 9 und 10 sind in der vorliegend dargestellten Ausführungsform des Flüssigkristallschaltelements 1 kammartig ineinandergreifend in der gleichen Ebene, nämlich auf der Oberfläche einer isolierenden Basis- schicht 12, die auch von der Oberfläche des Substrats 3 gebildet sein kann, ausgebildet, indem die Streifen- oder

Linienelektroden 9 durch eine quer, insbesondere senkrecht, dazu verlaufende streifen- oder linienförmige Querelektrode 13 elektrisch miteinander zu einer ersten Kammstruktur verbunden sind, und indem die Streifen- oder Linienelektroden 5 10 durch eine quer, insbesondere senkrecht, zu ihnen verlaufende weitere streifen- oder linienförmige Querelektrode 14 elektrisch zu einer zweiten Kammstruktur miteinander verbunden sind, und indem ferner die beiden Kammstrukturen in einandergreifend angeordnet sind, wie besonders gut aus den 10 Figuren 2 und 3 ersichtlich ist.

Eine andere, in den Figuren der Zeichnung nicht dargestellte Möglichkeit besteht darin, die Streifen- oder Linienelektroden 9 auf der Oberseite der isolierenden Basisschicht 12 anzurichten, während die Streifen- oder Linienelektroden 10 auf der Unterseite der isolierenden Basisschicht 12 angeordnet werden, oder umgekehrt. In diesem Fall können die Streifen- oder Linienelektroden als einfache parallele Streifen oder Linien ausgebildet sein, ohne daß kammartige Strukturen benötigt werden. 15 20

Außerdem umfaßt das in den Figuren 1 und 2 dargestellte Flüssigkristallschaltelelement 1 noch einen Polarisator 15 auf der Außenseite des Substrats 3 und einen Analysator 16 auf der 25 Außenseite des Substrats 4. Je nach der Lichtdurchgangsrichtung können auch Polarisator und Analysator vertauscht sein. Schließlich ist noch ein optischer Kompensator 17 zwischen dem Polarisator 15 und dem Substrat 3 vorgesehen. Dieser optische Kompensator 17 kann stattdessen auch zwischen dem 30 Analysator 16 und dem Substrat 4 angeordnet sein.

Die Figur 3 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines elektrooptischen Flüssigkristallschalt-

elements 18 für Reflexionsbetriebsweise in auseinandergezogener Darstellung der einzelnen Teile dieses Flüssigkristallschaltelelements 18, das sich in seinem äußeren Aufbau von dem Flüssigkristallschaltelelement 1 gemäß den Figuren 5 1 und 2 lediglich dadurch unterscheidet, daß anstelle des in den Figuren 1 und 2 gezeigten Analysators 16 ein Reflektor 19 vorgesehen ist, der in der dargestellten Ausführungsform aus einem Substrat 20, beispielsweise einem Glassubstrat, und einer Reflexionsschicht 21 besteht, die auf der 10 der Flüssigkristallschicht 2 zugewandten Seite des Substrats 20 vorgesehen ist. Entsprechend diesem Aufbau ist der nunmehr noch verbleibende Polarisator gleichzeitig auch der Analysator und wird demgemäß zur Unterscheidung von den Figuren 1 und 2 als Polarisator/Analysator 22 bezeichnet.

15 Eine weitere Ausführungsform eines elektrooptischen Schaltelements 28 für Reflexionsbetriebsweise, die in Figur 4 dargestellt ist, unterscheidet sich von dem elektrooptischen Schaltelement 1 gemäß Figuren 1 und 2 zum Beispiel dadurch, 20 daß in den Figuren 1 und 2 anstelle der Isolierschicht 8 ein dielektrischer Spiegel 8a vorgesehen ist und der doppelbrechende Kompensator 17 gegebenenfalls zwischen Substrat 4 und Analysator 16 vorgesehen ist. Als Analysator 16 ist ein Analysator/Polarisator 22 vorgesehen, der dann als Polarisator und Analysator wirkt, so daß der Polarisator 15 der Figuren 1 und 2 entfällt. Diese Ausführungsform hat insbesondere den Vorteil, daß weder die Elektrodenstruktur 7 noch das Substrat 3 transparent zu sein brauchen, wenn der dielektrische Spiegel 8a zwischen dem Flüssigkristall 2 einerseits 25 und der Anordnung aus der Elektrodenstruktur 7 und dem Substrat 3 andererseits vorgesehen ist, wie Figur 4 zeigt, wo bei sich die Orientierungsschicht 5 zwischen dem Flüssigkristall 2 und dem dielektrischen Spiegel 8a befindet. Die Orientierungsschicht 5 kann auch Bestandteil des dielektrischen Spiegels 8a sein. Die Elektrodenstruktur 7 kann auch an dem dielektrischen Spiegel 8a, insbesondere auf desser 30 dem Flüssigkristall 2 zugewandten Seite, vorgesehen sein.

Im übrigen sind, da der äußere Aufbau des Flüssigkristall-schaltelelements 18 und 28 ansonsten gleich demjenigen des Flüssig-kristallschaltelelements 1 ist, die gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 1 und 2 verwendet, und insofern wird zur 5 Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Er-läuterungen zu den Figuren 1 und 2 verwiesen.

Es sei nun näher auf den inneren Aufbau der Flüssigkristall-schaltelemente 1, 18 und 28 eingegangen, das heißt auf die je-10 weiligen für den Betrieb des Flüssigkristallschaltelelements 1, 18 und 28 wichtigen Parameter der Flüssigkristallschicht, der Orientierungsschichten, der Polarisatoren, der felderzeu-genden Struktur etc., die in der nachfolgenden Tabelle 1 an-gegeben und, soweit möglich, in den Figuren 2 und 3 einge-15 zeichnet sind:

T a b e l l e 1

20 Zur Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Flüssigkristallschaltelemente hinsichtlich ihrer physikali-schen Ausbildung werden folgende Parameter verwendet:

25 β = Verdrillungswinkel des Flüssigkristalls 2 in des-sen Ausgangsorientierung, das heißt Winkel zwi-schen dem Direktor am Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und dem Direktor am Sub-strat 4 bzw. in der Orientierungsschicht 6.

30 β_0 = Ausrichtungswinkel, der überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht 2 ausgerichteten elektri-schen Feldkomponente, die von der felderzeugenden Struktur 7 erzeugt wird, zu der Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls 2, die die-se in der Ausgangsorientierung des Flüssigkristalls 2 auf der Schichtseite der Flüssigkristallschicht 2 haben, welche der felderzeugenden Struktur 7 zu-gewandt ist, also an der Orientierungsschicht 5; dieser Winkel ist gleich dem Winkel zwischen dem Direktor am Substrat 3 bzw. in der Orientierungs-schicht 5 und der Senkrechten zu der Längsrichtung der Streifen- oder Linienelektroden 9, 10 in der Ebene dieser Streifen- oder Linienelektroden.

α_0 = Anstellwinkel, den die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht 2 zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur 7 zugewandten Schichtseite der Flüssigkristallschicht 2 mit einer zur Flüssigkristallschicht 2 parallelen Ebene einschließt, wobei hier unter der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht die Vorzugsrichtung der Molekülachsen des Flüssigkristalls 2 in der Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht verstanden wird.

5 ψ = Winkel zwischen dem Direktor an dem Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und der Durchlaßrichtung des Polarisators 15 bzw. des Polarisators/Analysators 22.

10 ψ' = Winkel zwischen dem Direktor an dem Substrat 3 bzw. in der Orientierungsschicht 5 und der Durchlaßrichtung des Analysators 16.

15 $|\psi - \psi'|$ = Winkel zwischen der Durchlaßrichtung von Polarisator und Analysator

20 d = Dicke der Flüssigkristallschicht 2

25 $\epsilon_{\parallel}, \epsilon_{\perp}$ = Dielektrizitätskonstanten parallel bzw. senkrecht zum Direktor des Flüssigkristalls

30 $\Delta \epsilon$ = Dielektrizitätsanisotropie des Flüssigkristalls = Differenz zwischen ϵ_{\parallel} und ϵ_{\perp} , d.h. $\Delta \epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$

35 n_o, n_e = ordentlicher bzw. außerordentlicher Brechungsindex des Flüssigkristalls

35 λ = Lichtwellenlänge

40 Δn = $n_e - n_o$.

40 In den Figuren 2 und 3 sind durch die Pfeile 23 bis 27 Vorzugsrichtungen des Flüssigkristalls 2 angedeutet, wobei insbesondere durch den Pfeil 23 die Vorzugsrichtung an der Orientierungsschicht 5 und durch den Pfeil 27 die Vorzugsrichtung an der Orientierungsschicht 6 angedeutet ist, während die Pfeile 24, 25 und 26 Vorzugsrichtungen im Zwischenbereich darstellen, die zur besseren Veranschaulichung der Flüssig-

45

kristallverdrillung eingezeichnet sind. Der Anstellwinkel α_0 und der Ausrichtungswinkel β_0 sind in Figur 5 dargestellt, wobei die x- und y-Achse eine parallel zur Flüssigkristallschicht 2 verlaufende Ebene definieren, während die z-Achse senkrecht zur Flüssigkristallschicht 2 verläuft, das heißt der Dickenrichtung der Flüssigkristallschicht entspricht, während die x- und y-Achse der Breiten- und Längenrichtung der Flüssigkristallschicht 2 entsprechen.

5

10 In den nachstehenden Tabellen 2 und 3 sind bevorzugte Ausgangszustände für die Durchlichtbetriebsweise und die Reflexionsbetriebsweise gegeben, wobei unter dem Ausgangszustand der Zustand verstanden wird, der vorhanden ist, wenn kein elektrisches Feld über die felderzeugende Struktur 7 angelegt

15 ist.

T a b l e 2: Bevorzugte Ausgangszustände in homogener planarer Orientierung für Durchlichtbetriebsweise

Ausgangszustand	R	$\Delta\varepsilon$	$d \times \Delta n/\lambda$	α_0	β_0	ψ	$ \psi - \psi' $
D1	$0'' \pm 15''$	> 0	$> 0, < 4$	$\geq 0^\circ, < 30^\circ$	$> 70^\circ, < 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90°
D2	$0'' \pm 15''$	< 0	$> 0, < 4$	$\geq 0^\circ, < 30^\circ$	$> 0^\circ, < 20^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90°
D3	$90^\circ \pm 15''$	> 0	$> 0, < 4$	$\geq 0^\circ, < 30^\circ$ bevorzugt: $1/2\sqrt{3}, 1/2\sqrt{15},$ $1/2\sqrt{35}$	$> 70^\circ, < 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$ bevorzugt 0°
D4	$90'' \pm 15''$	< 0	$> 0, < 4$	$\geq 0^\circ, < 30^\circ$ bevorzugt: $1/2\sqrt{3}, 1/2\sqrt{15},$ $1/2\sqrt{35}$	$> 0^\circ, < 20^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$ bevorzugt 0°

ERSATZPLAAT

T a b e l l e 3: Bevorzugte Ausgangszustände in homogener planarer Orientierung für
Reflexionsbetriebsweise

Ausgangszustand	β	Δn	$d \times \Delta n / \lambda$	α_0	β_0	ψ	$ \psi - \psi' $
R1	$0^\circ \pm 15^\circ$	> 0	$> 0, < 2$ bevorzugt $0,36$	$> 0^\circ, < 30^\circ$	$> 70^\circ, < 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90°
R2	$0^\circ \pm 15^\circ$	< 0	$> 0, < 2$ bevorzugt $0,36$	$> 0^\circ, < 30^\circ$	$> 0^\circ, < 20^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$90^\circ, 0^\circ$ bevorzugt 90°
R3	$60^\circ \pm 5^\circ$	> 0	$> 0, < 2$ bevorzugt $0,36$	$> 0^\circ, < 30^\circ$	$> 70^\circ, < 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$
R4	$60^\circ \pm 5^\circ$	< 0	$> 0, < 2$ bevorzugt $0,36$	$> 0^\circ, < 30^\circ$	$> 0^\circ, < 20^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$	$0^\circ, 90^\circ$

VERSATZBLATT

Es sei hier darauf hingewiesen, daß die Angaben der Werte von $d \times \Delta n/\lambda$ sowie von α_0 und von β_0 Bereichsangaben sind, das heißt, daß die beiden mit dem Zeichen \geq oder \leq oder $>$ oder $<$ versehenen Werte jeweils die beiden Bereichsgrenzen 5 angeben, und zwar je nach dem Zeichen unter Einschluß oder Ausschluß dieser Bereichsgrenze.

Bei der Anwendung des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements 1 oder 18 oder 28 zur Veränderung der Helligkeit und/oder 10 Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung bildet das jeweilige Flüssigkristallschaltelement 1 oder 18 gemäß den Figuren 1, 2 oder 3 einen einzigen Bildpunkt, so daß eine große Vielzahl solcher Flüssigkristallschaltelemente 1, 18 oder 28 zu einem Bildschirm integriert ist, 15 wobei natürlich die Substrate, die Orientierungsschichten, die Polarisatoren, die Analysatoren bzw. die Polarisatoren/Analysatoren, die Reflektoren und die optischen Kompensatoren, die in den Figuren 1 bis 3 aus Darstellungsgründen als Einzelteile gezeichnet sind, jeweils ein für alle Bildpunkte gemeinsames, vorzugsweise einstückiges, Bauteil bilden, während jeder einzelne Bildpunkt seine eigene felderzeugende Struktur 7 hat. Diese felderzeugende Struktur kann, 20 sofern sie keine Kammstruktur der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Art ist, auch aus insgesamt über die gesamte 25 Fläche der elektrooptischen Darstellungseinrichtung hindurchgehenden Streifen- oder Linienelektroden aufgebaut sein, sofern sie in entsprechender Weise, beispielsweise im Zeitmultiplexverfahren schnittpunktweise angesteuert wird.

30 Es seien nachstehend bevorzugte Größen für die Flüssigkristallelemente angegeben, die insbesondere für den Fall gelten, wenn die Flüssigkristallschaltelemente als Bildpunkte in einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung verwendet werden:

Dicke der Flüssigkristallschicht:	1 µm bis 10 µm
Flächige Größe der einem Bildpunkt entsprechenden felderzeugenden Struktur:	Quadrat mit einer Kantenlänge von 10 µm bis 1 mm
5 Abstand zwischen benachbarten Streifen- oder Linienelektroden:	2 µm bis 50 µm
Spannung zwischen benachbarten Streifen- oder Linienelektroden	1 Volt bis 80 Volt
10 bei maximalem Kontrast:	

Es sei darauf hingewiesen, daß das Anbringen einer Polarisationsfolie, das heißt des Polarisators/Analysators 22 vor dem reflektiven Flüssigkristallschaltelelement 18 oder 28 parallelen Polarisatoren 15, 16 (das heißt einem in der Durchlaßrichtung 15 zum Polarisator 15 parallelen Analysator 16) entspricht. Die Verwendung eines reflektiven Flüssigkristallschaltelelements 18 oder 28, in Kombination mit einem polarisierenden Strahlteiler (McNeille-Prisma) entspricht gekreuzten Polarisatoren 15, 16 in dem transmissiven Flüssigkristallschaltelelement 1. Diese 20 Anordnung eignet sich insbesondere für lichtstarke Projektoren.

Die Funktionsweise, insbesondere das optische Verhalten, der beschriebenen Flüssigkristallschaltelelemente 1 und 18 sowie 28 wurde mittels Computersimulation untersucht und durch experimentelle Untersuchung von entsprechend ausgebildeten Flüssigkristallschaltelelementen bestätigt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Figuren 6 und 7 wiedergegeben, und in Figur 8 ist das Ergebnis einer 30 Vergleichsuntersuchung an einem TN-Flüssigkristallschaltelelement, also einem bekannten Flüssigkristallschaltelelement mit spiraling-nematischem Flüssigkristall, wiedergegeben.

Das dem Untersuchungsergebnis der Figur 6 zugrundeliegende 35 Flüssigkristallschaltelelement mit dem Aufbau gemäß den Figuren 1 und 2 hatte folgende Auslegungsgrößen:

Dicke der Flüssigkristallschicht	= 6,9 µm
Dielektrizitätsanisotropie	= -1,5
Optische Weglänge $d \times \Delta n / \lambda$	= 0,865
Ausgangsverdrillungswinkel β	= 0°
5 Ausrichtungswinkel β_0	= 5°
Anstellwinkel α	= 5°
Winkel zwischen Polarisator und Analysator	= 90°

10 Zu den Figuren 7 und 8, deren Vergleich deutlich die überragenden Eigenschaften des erfindungsgemäßen elektrooptischen Flüssigkristallschaltelelements gegenüber den bisher bekannten Flüssigkristallschaltelelementen zeigt, ist folgendes erläuternd hinzuzufügen:

15 Der Winkel THETA ist der Winkel zwischen der Beobachtungsrichtung und der Senkrechten auf der Flüssigkristallschicht. Auf den Achsen der Polarkoordinatendarstellung ist die Intensität des Transmissionslichts angegeben. Die Transmission
20 beträgt für senkrechte Inzidenz ca. 25%.

Es sei darauf hingewiesen, daß im elektrooptischen Schaltelement 1 gemäß Figur 1 und 2 bei Verwendung von zum Beispiel flüssigkristallinen Polymeren die Orientierungsschicht 6 und
25 das Substrat 4 gegebenenfalls entfallen können. Entsprechend können die Ausführungsformen der elektrooptischen Schaltelemente für Reflexionsbetriebsweise modifiziert werden. Der Begriff "Flüssigkristall" umfaßt daher in der vorliegenden Beschreibung und in den Ansprüchen auch flüssigkristalline
30 Polymere oder andere flüssigkristalline Substanzen.

Die bei der Erfindung verwendeten Flüssigkristalle sind vorzugsweise, jedoch keineswegs ausschließlich, nematische Flüssigkristalle oder nematische flüssigkristalline Polymere.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht (2) und eine Umorientierungseinrichtung (7, 11) zum Umorientieren der Flüssigkristallschicht (2) in eine aktuelle Orientierung, in welcher das elektrooptische Flüssigkristallschaltelelement (1, 18, 28) eine veränderte Lichttransmission hat, wobei die Umorientierungseinrichtung eine felderzeugende Struktur (7) zum Erzeugen einer die Umorientierung bewirkenden elektrischen Feldes umfaßt, und wobei das elektrische Feld der felderzeugenden Struktur (7) eine überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente hat, dadurch gekennzeichnet, daß
 - (a) der Flüssigkristall (2) eine verdrillbare Struktur aufweist und der Betrag an Lichttransmission durch den Flüssigkristall (2) von dessen Verdrillungsgrad abhängt;
 - (b) der Flüssigkristall (2) in einer Ausgangsorientierung verankert ist, in welcher er sich in unverdrilltem oder verdrilltem Zustand befindet und seine Verdrillungsachse senkrecht oder im wesentlichen senkrecht zur Flüssigkristallschicht (2) bleibt; und
- 25 (c) die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung (7, 11) derart veränderbar ist, daß damit zur Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls (2) verändert wird.

2. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkeitsschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente der Umorientierungseinrichtung (7, 11) derart veränderbar ist, daß zur kontinuierlichen oder stufenweisen Einstellung unterschiedlicher Lichttransmissionsgrade im Bereich zwischen im wesentlichen maximaler und minimaler Lichttransmission der Verdrillungsgrad des Flüssigkristalls (2) kontinuierlich oder stufenweise verändert wird.

3. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die überwiegend parallel zur Flüssigkristallschicht (2) ausgerichtete Feldkomponente einen Ausrichtungswinkel (β_0), der größer als 0° und kleiner als 90° ist, mit der Vorezugsrichtung bildet, welche die Flüssigkristallschicht (2) auf ihrer der felderzeugenden Struktur (7) zugewandten Schichtseite in ihrer Ausgangsorientierung hat.

4. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausrichtungswinkel (β_0) bei positiver Dielektrizitätsanisotropie ($\Delta\epsilon$) des Flüssigkristalls (2) größer als 70° und kleiner als 90° ist.

5. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Flüssigkristall (2) eine negative Dielektrizitätsanisotropie ($\Delta\epsilon$) hat, wobei der Ausrichtungswinkel (β_0) kleiner als 20° und größer als 0° ist.

6. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsorientierung der Flüssigkristallschicht (2) zumindest auf ihrer der felderzeugenden Struktur (7) zugewandten Schichtseite einen Anstellwinkel (α_0), der größer als 0° und kleiner als 30° ist, mit einer zur Flüssigkristallschicht (2) parallelen Ebene einschließt.

7. Elektrooptisches Flüssigkeitsschaltelelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Struktur (7) Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) umfaßt, die parallel zueinander und parallel zur Flüssigkristallschicht (2) verlaufen und alternierend mit einem unterschiedlichen elektrischen Potential beaufschlagt sind.

8. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) alternierend in wenigstens zwei zur Flüssigkristallschicht (2) parallelen Ebenen angeordnet sind.

9. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mit unterschiedlichem Potential beaufschlagten Streifen- oder Linienelektroden (9, 10) kammartig ineinandergreifend in der gleichen Ebene angeordnet sind.

10. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelelements (1) in Durchlichtbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht (2) ein Polarisator (15) und auf der anderen Seite ein Analysator (16) vorgesehen ist.

11. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Betreiben des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements (18,28) in Reflexionsbetriebsweise auf der einen Seite der Flüssigkristallschicht (2) ein Polarisator/Analysator (22) und auf der anderen Seite ein Reflektor (8a, 19) vorgesehen ist.
5
12. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (8a, 19) ein dielektrischer Spiegel ist.
10
13. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der dielektrische Spiegel (8a) zwischen dem Flüssigkristall (2) und dem einen Substrat (3) angeordnet ist.
15
14. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein doppelbrechender optischer Kompensator (17) zwischen Flüssigkristallschicht (2) einerseits und Polarisator (15) und/oder Analysator (16) oder Polarisator/Analysator (22) andererseits vorgesehen ist.
20
15. Elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschicht (2) einen dichroitischen Farbstoff enthält und auf wenigstens einer Seite der selben ein Polarisator (15) vorgesehen ist.
25
30
16. Anwendung des elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Veränderung der Helligkeit und/oder Farbe eines Bildpunkts einer elektrooptischen Darstellungseinrichtung.

17. Anwendung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrooptische Darstellungseinrichtung ein Bildschirm ist.

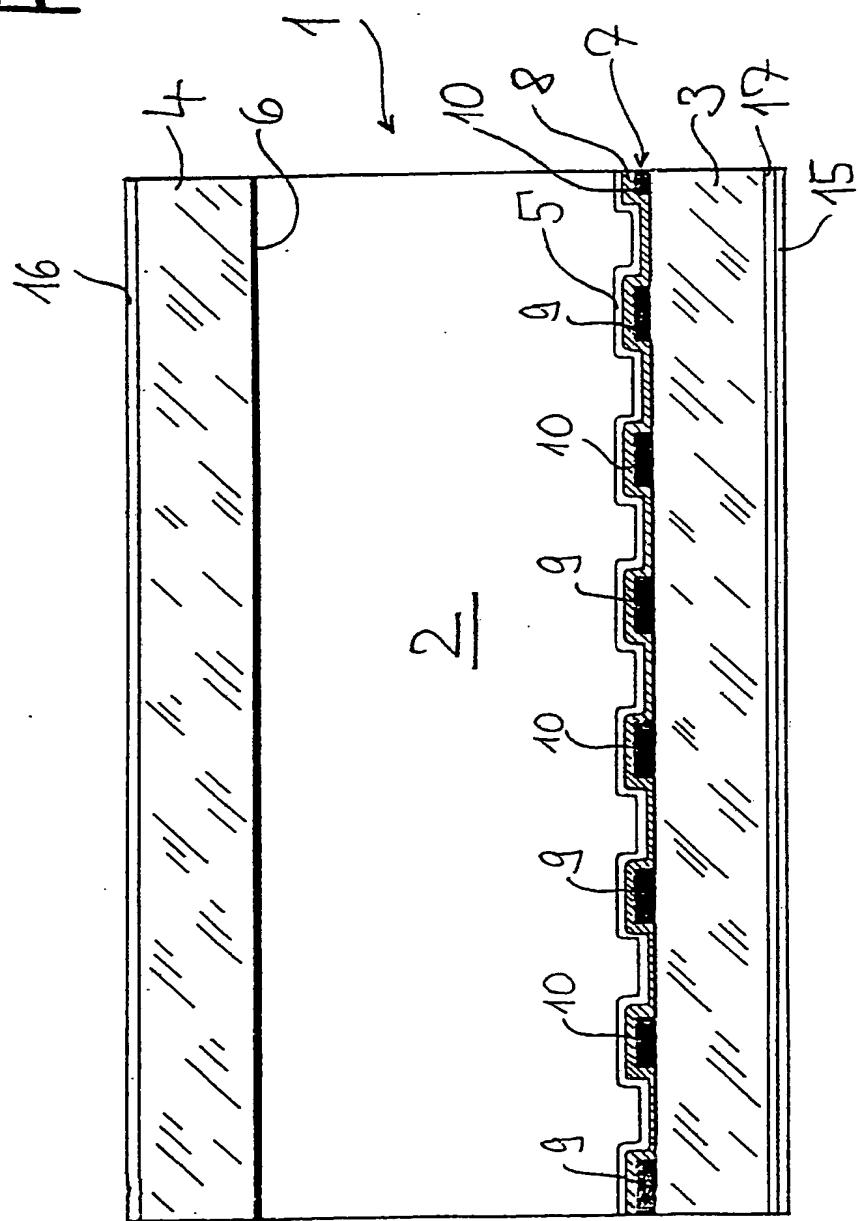
5

18. Anwendung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Flüssigkristallschaltelemente (1, 18, 28) der Darstellungseinrichtung durch eine Transistormatrix angesteuert sind.

10

19. Anwendung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Flüssigkristallschaltelemente (1, 18, 28) der Darstellungseinrichtung durch eine Direktansteuereinrichtung im Zeitmultiplexverfahren angesteuert sind.

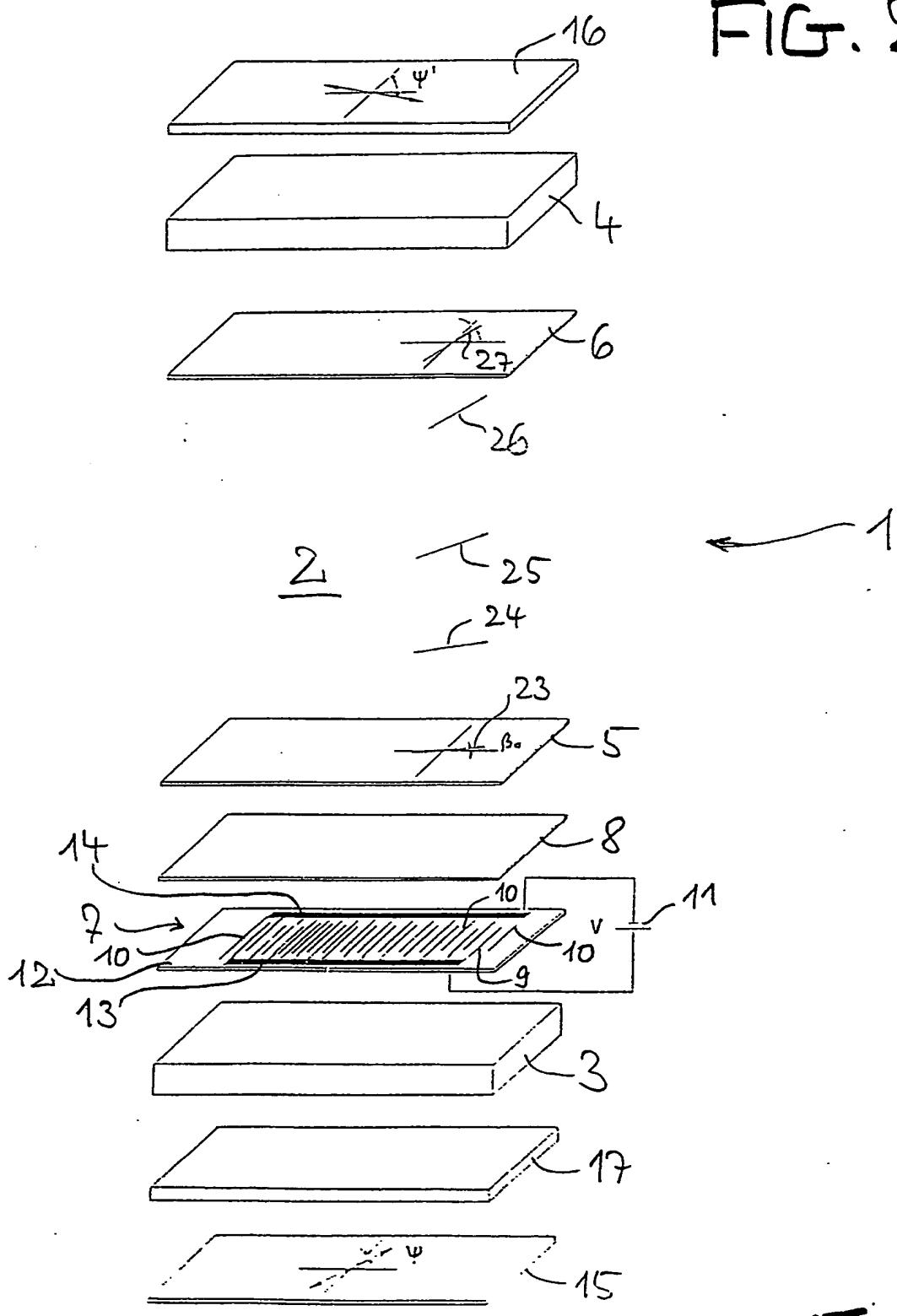
FIG. 1



2

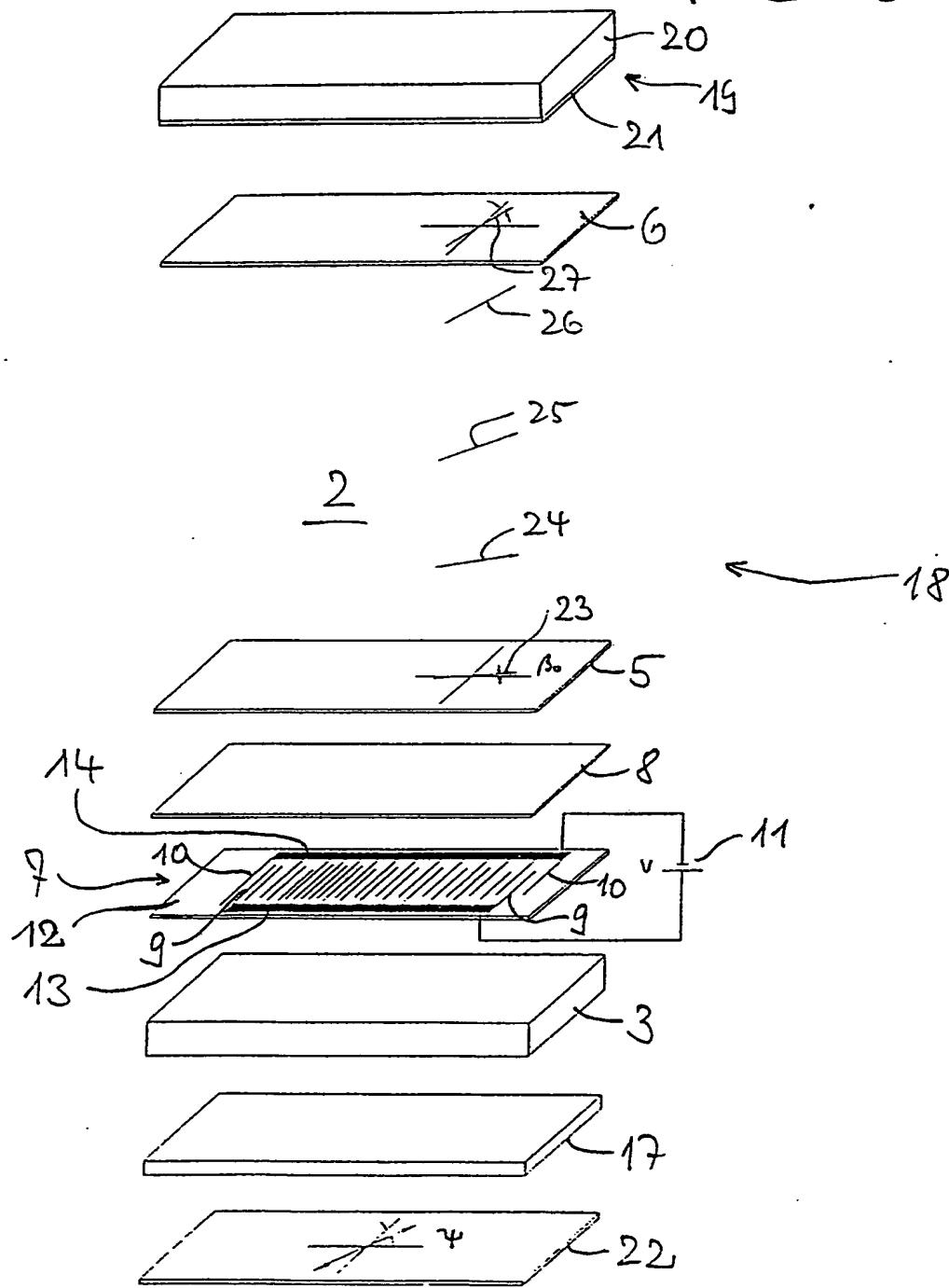
2/8

FIG. 2

**ERSATZBLATT**

3/8

FIG. 3

**ERSATZBLATT**

4 / 8

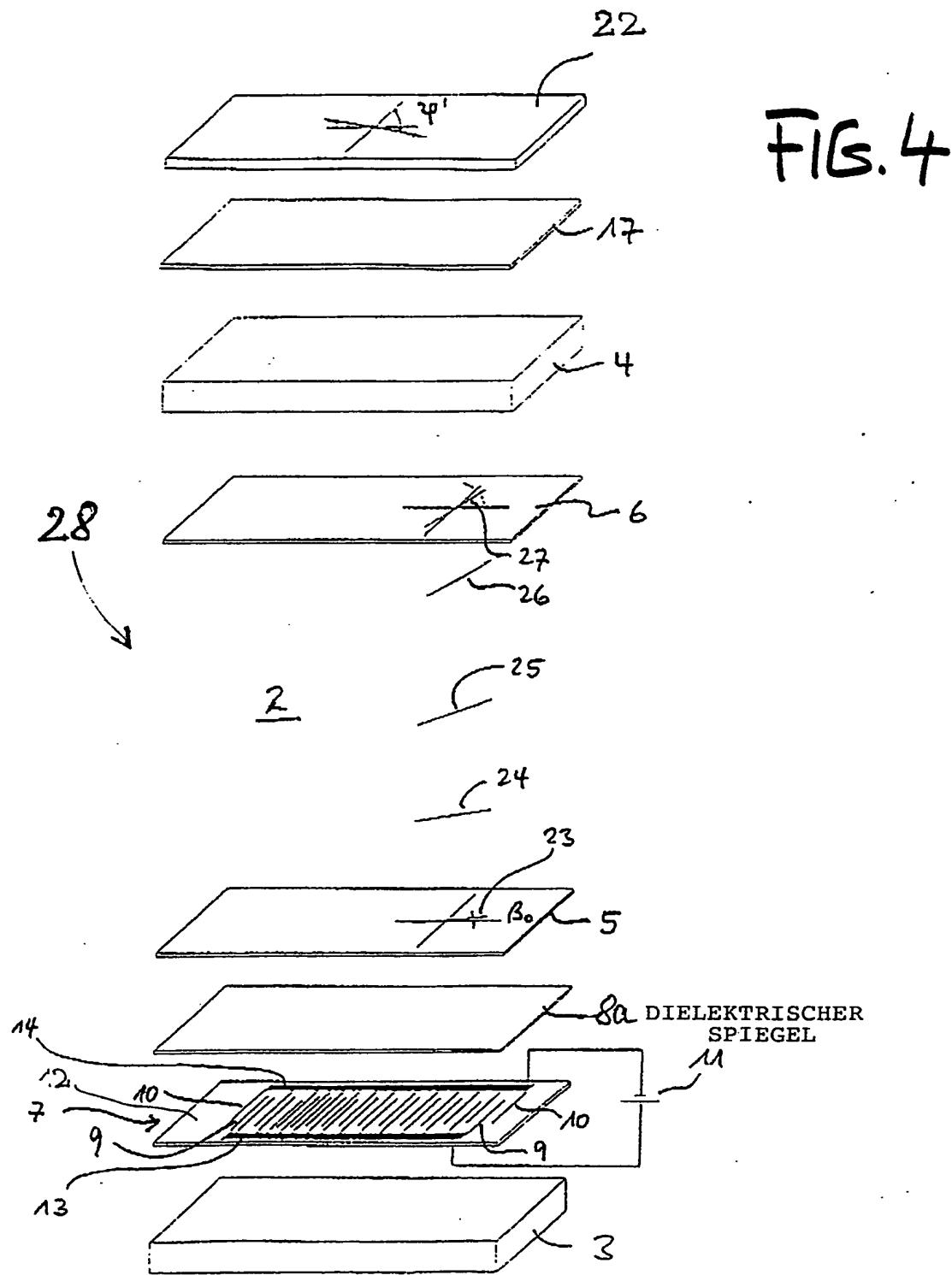
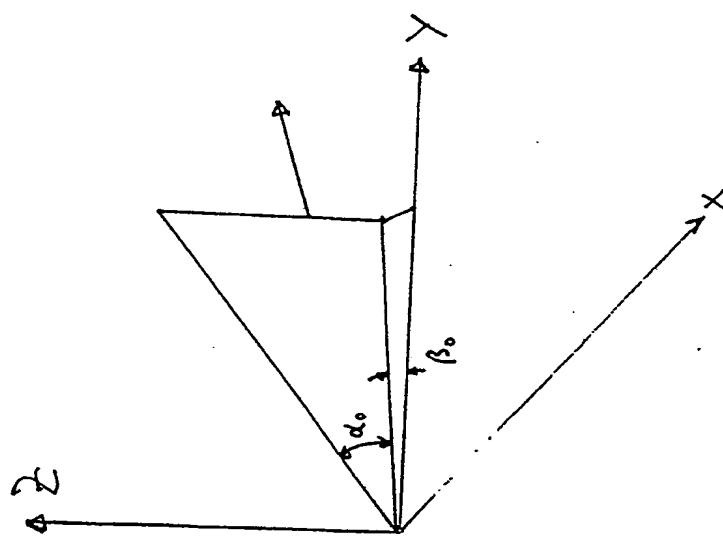
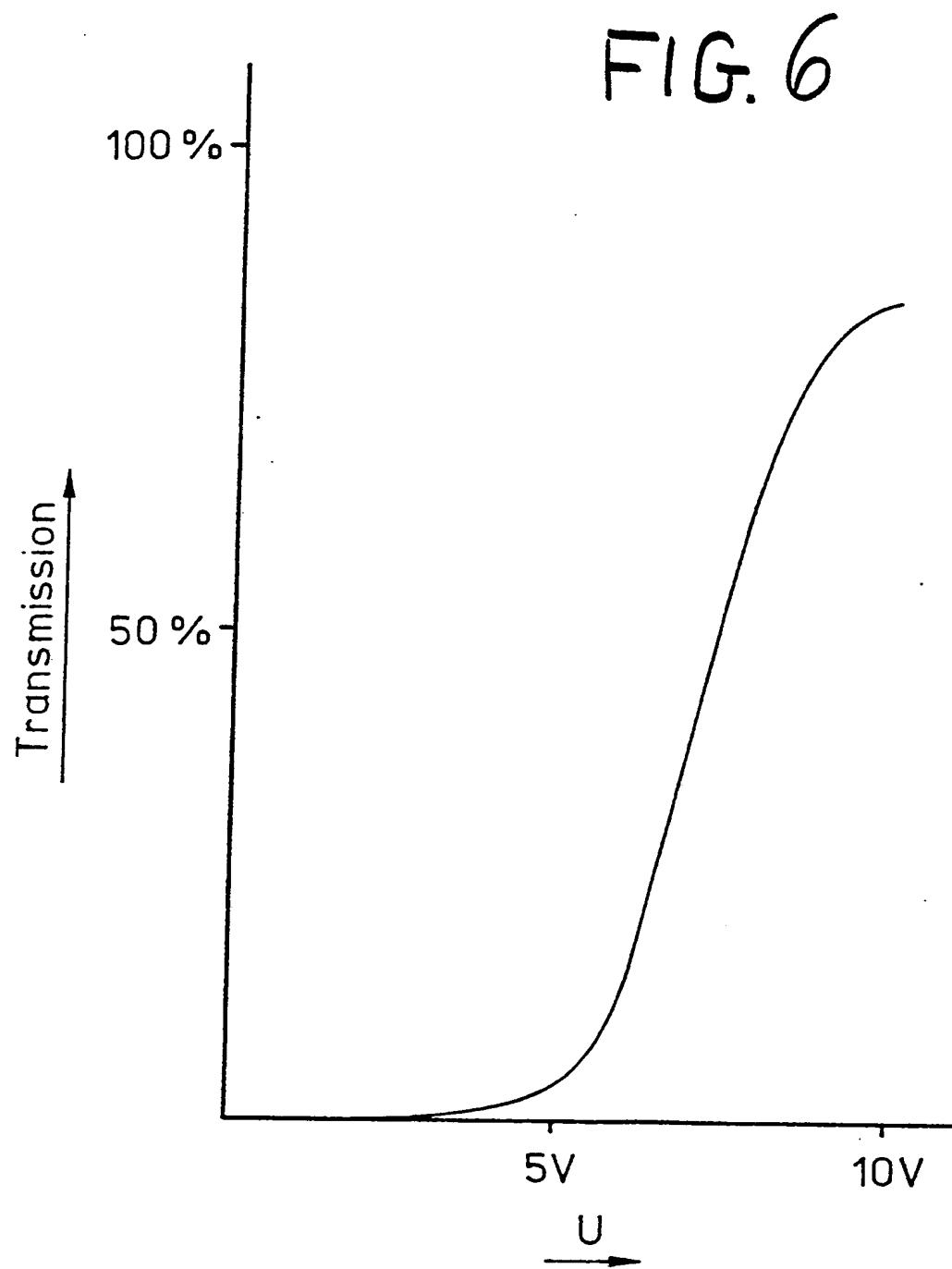
**ERSATZBLATT**

FIG 5



ERSATZBLATT

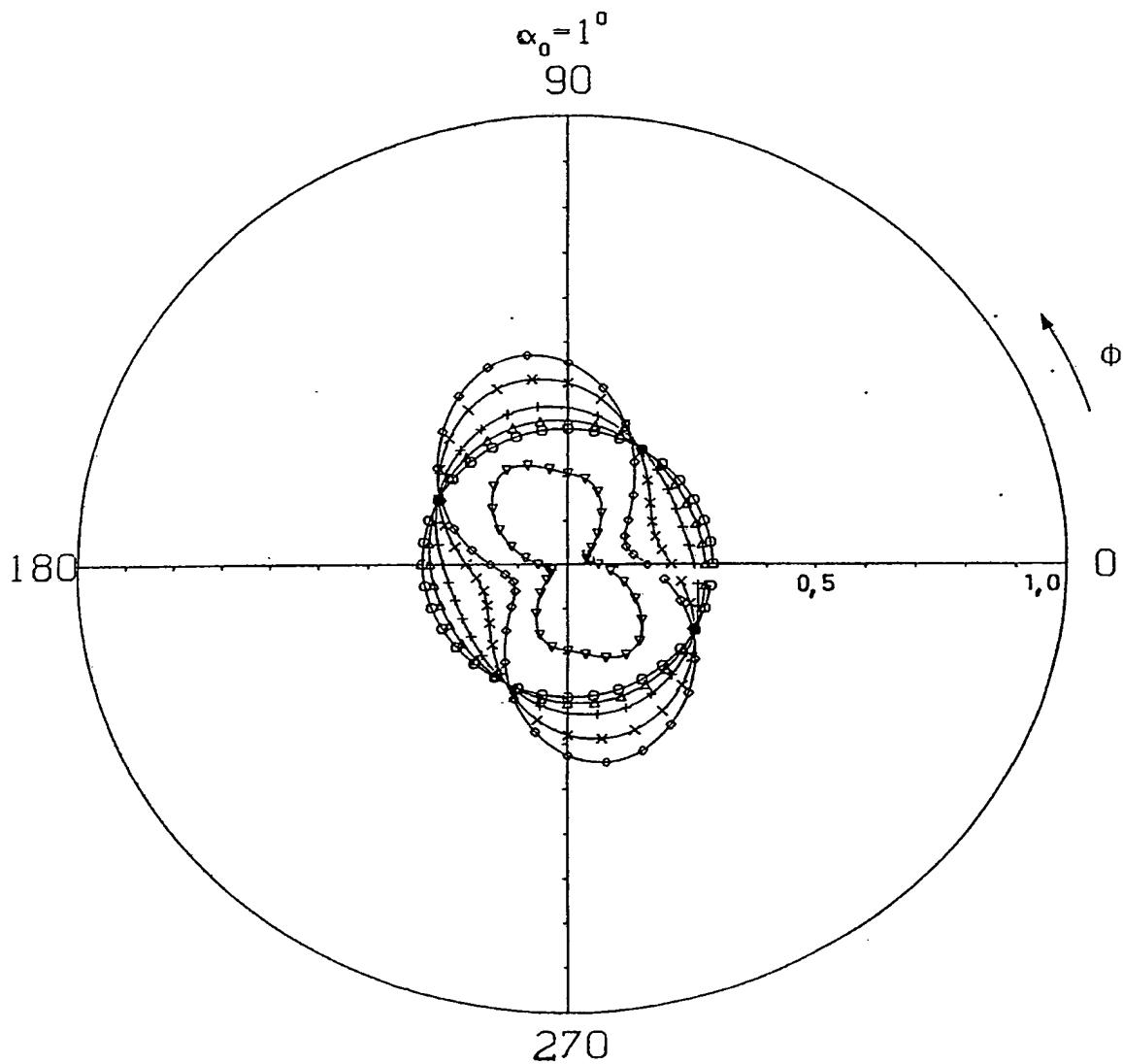
6 / 8



ERSATZBLATT

7/8

FIG. 7

TRANSMISSION=f(θ, φ)

$n_o = 1,5595, d = 8,0 \mu, \lambda = 550 \text{ nm}$
 $\text{Pol/Rn} = 0^\circ/90^\circ, n_o = 1,50$

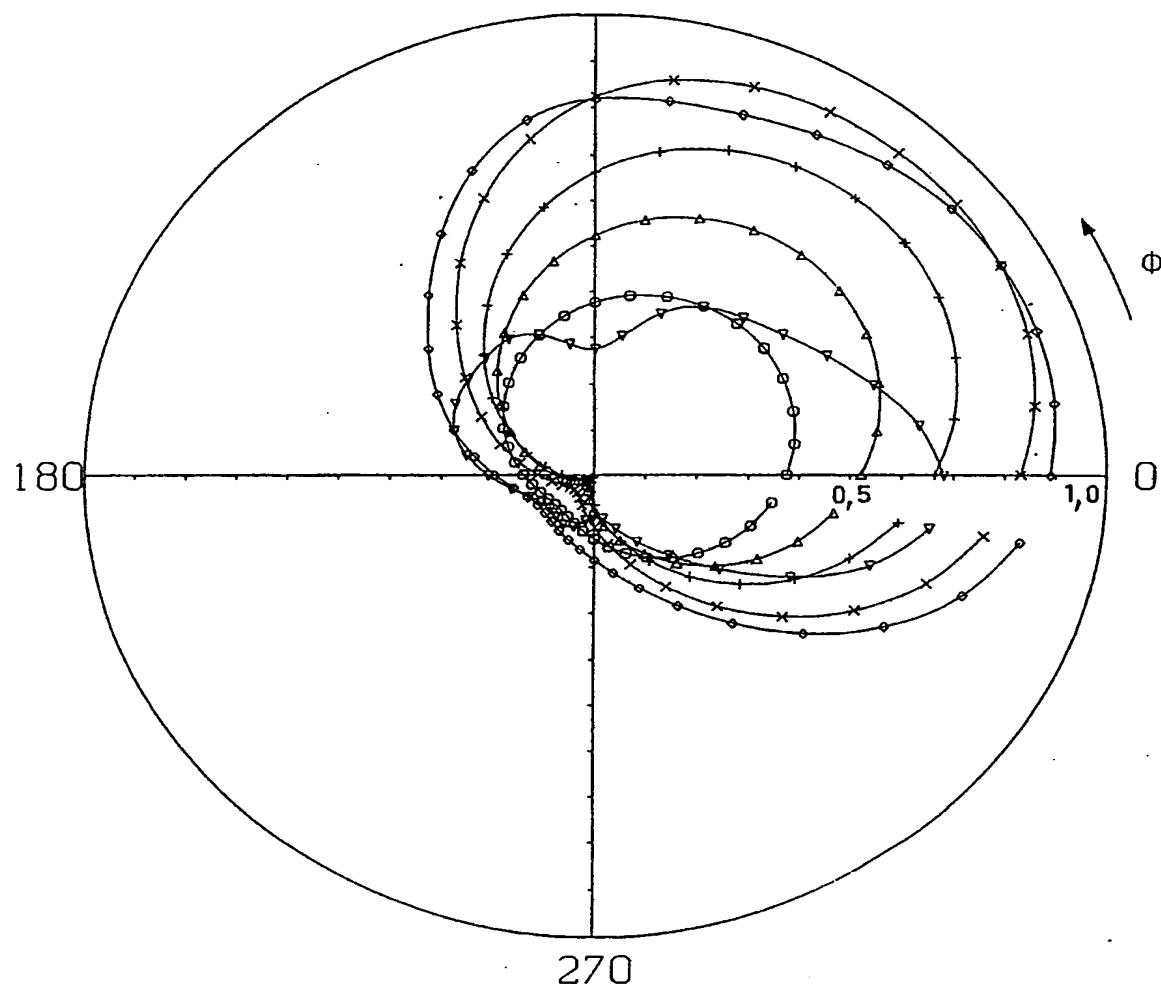
THETA	
o	- 10 GRAD
△	- 20 GRAD
+	- 30 GRAD
x	- 45 GRAD
◦	- 60 GRAD
▽	- 80 GRAD

8/8

FIG. 8

TRANSMISSION=f(θ, φ)Twist=90°, $α_0=1^\circ$, d/p=0,25

90



$n_e = 1,5595$, $d = 8,0 \mu$, $\lambda = 550 \text{ nm}$
 $\text{Pol/Rn} = 0^\circ / 0^\circ$, $n_o = 1,50$

ERSATZBLATT

THETA
○ - 10 GRAD
△ - 20 GRAD
+ - 30 GRAD
× - 45 GRAD
◦ - 60 GRAD
▽ - 80 GRAD

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 91/00022

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.: ⁵ G 02 F 1/1343, G 02 F 1/133

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ?

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl.: ⁵	G 02 F 1/00
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *	

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT*

Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	US, A, 3834794 (R. SOREF) 10 September 1974 see column 5, line 48 - column 6, line 54	1,7-12,16
A	—	13-19
X	Journal of Applied Physics, vol. 45, No: 12, December 1974, American Institute of Physics, R.A. Soref: "Field effects in nematic liquid crystals obtained with interdigital electrodes", pages 5466-5468 see the whole document	1-3,7-12
A	—	16,19
X	Proceedings of the IEEE, December 1974, R. A. Soref: "Interdigital twisted-nematic-displays", pages 1710-1711 see the whole document	1,16,19

* Special categories of cited documents: ¹⁰

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

18 April 1991 (18.04.91)

Date of Mailing of this International Search Report

12 June 1991 (12.06.91)

International Searching Authority

Signature of Authorized Officer

European Patent Office

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9100022
SA 43556

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 31/05/91. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 3834794	10-09-74	None	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 91/00022

I. KLASSEKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl ⁵ G 02 F 1/1343, G 02 F 1/133		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. ⁵	G 02 F 1/00	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	US, A, 3834794 (R. SOREF) 10 September 1974 siehe Spalte 5, Zeile 48 - Spalte 6, Zeile 54	1,7-12,16
A	---	13,19
X	Journal of Applied Physics, Band 45, Nr. 12, Dezember 1974, American Institute of Physics, R.A. Soref: "Field effects in nematic liquid crystals obtained with interdigital electro- des", Seiten 5466-5468 siehe das ganze Dokument	1-3,7-12
A	---	16,19
		./.
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfiederischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfiederischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts	
18. April 1991	12.06.91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	Dagmar FRANK	

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	Proceedings of the IEEE, Dezember 1974, R.A. Soref: "Interdigital twisted-nematic- displays", Seiten 1710-1711 siehe das ganze Dokument	1,16,19

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9100022
SA 43556

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 31/05/91.
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 3834794	10-09-74	Keine	-----